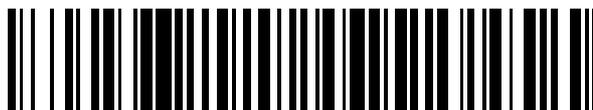


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 190**

51 Int. Cl.:

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

C22C 14/00 (2006.01)

C22C 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2006 E 06008380 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2013 EP 1726687**

54 Título: **Herramienta recubierta**

30 Prioridad:

29.04.2005 AT 28605 U

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

21.10.2013

73 Titular/es:

**CERATIZIT AUSTRIA GESELLSCHAFT M.B.H.
(100.0%)
6600 Reutte /Tirol, AT**

72 Inventor/es:

**KATHREIN, MARTIN;
MICHOTTE, CLAUDE y
POLCIK, PETER**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 426 190 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Herramienta recubierta.

- 5 La invención se refiere a una herramienta constituida por un material base del grupo carburo cementado, cemet, material duro y acero para herramientas y un recubrimiento de dos o más capas con un espesor de recubrimiento total de 0,5 μm a 15 μm , presentando una capa de recubrimiento un espesor de 0,0003 - 5,0 μm .

- 10 Los metales duros, cemet, materiales duros y aceros para herramientas se utilizan para herramientas que están expuestas a una elevada sollicitación por desgaste. Por carburo cementado se entiende un material compuesto que está compuesto por una fase de material duro y un aglutinante metálico. El grupo de materiales de los cermets comprende todos los materiales que están compuestos por una o varias fases cerámicas y por una o varias fases metálicas. Bajo materiales duros se agrupan todas las sustancias con una dureza > 1000 HV. Éstos son compuestos de los elementos del grupo IVa a VIa del sistema periódico con los elementos carbono, nitrógeno, boro o silicio. Sin embargo, diamante, nitruro de boro cúbico, carburo de silicio, sialonas, óxido de aluminio, nitruro de aluminio y nitruro de silicio, por nombrar los más importantes, también se encuentran en este grupo de materiales. Los aceros para herramientas son aceros según DIN 17 300 que están definidos por su aplicación en herramientas.

- 20 Para elevar la resistencia al desgaste, sobre el material base se aplican recubrimientos de materiales duros resistentes al desgaste basados en carburos, nitruros, boruros, siliciuros y óxidos. Estos recubrimientos pueden estar compuestos por una o varias capas de recubrimiento y presentar durezas que normalmente se encuentran en el intervalo 1500 HV a 4000 HV. A modo de ejemplo se remite a recubrimientos de una o varias capas constituidos por nitruro de titanio, carbonitruro de titanio, nitruro de titanio y aluminio (véase, por ejemplo, el documento EP A1-1 018 387) u óxido de aluminio.

- 25 En el caso de sollicitación, el sistema tribológico comprende, además de la herramienta, cuerpos opuestos que causan el desgaste y la fricción, dado el caso materiales intermedios, las fuerzas que actúan, la secuencia de movimientos y las influencias del entorno. Especialmente cuando las fuerzas que actúan y la velocidad relativa entre la herramienta y los cuerpos opuestos son elevadas, en la zona límite superficial entre la pieza de desgaste y el cuerpo opuesto se produce un claro aumento de temperatura. Así, por ejemplo, sobre la superficie de una herramienta de mecanizado se miden temperaturas de 1.000 $^{\circ}\text{C}$ y según las circunstancias superiores. Las causas para esto son el trabajo de deformación y separación en la zona de corte, fricción de la viruta sobre la superficie de mecanizado y fricción de la pieza a mecanizar sobre la superficie libre. Los recubrimientos de material duro basados en TiAlN se aplican ampliamente para mejorar el comportamiento de desgaste de las herramientas. Se investigaron la influencia de diferentes contenidos de Al sobre la mejora de la resistencia a la abrasión y la oxidación, así como la influencia de otros elementos sobre la resistencia a la abrasión de recubrimientos de nitruro de titanio preparados especialmente por el procedimiento de PVD.

- 40 Así, en "Thin Solid Films, 343 (1999) pág. 242-245" se describen recubrimientos de TiAlBN que se prepararon en un plasma de Ar a 450 $^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, no pudieron conseguirse mejoras significativas en la resistencia al desgaste en el mecanizado en seco.

- 45 De "Surf. Coat. Technol., 133-134 (2000) 145-151" se deducen recubrimientos de TiAlSiN preparados mediante evaporación por arco catódico con 3,8% de átomos a 8,2% de átomos de Si, alcanzándose valores de dureza de 35 a 45 GPa.

Además, en un recubrimiento de TiAlN también puede sustituirse Ti con Cr, Hf, Zr o Nb.

- 50 Así, en el documento WO 2004/059030 se describe un recubrimiento de AlCrN con valores característicos de desgaste mejorados.

- En el documento EP 0 558 061 se describe la sustitución parcial o completa de Ti en el nitruro de titanio con los elementos Hf, Zr, Cr o Nb, estando unidos recubrimientos de material duro de este tipo con el material base mediante un recubrimiento intermedio metálico de Nb o Ta.

- 55 En el documento JP 2003-034859 se describe un recubrimiento de MeAlCrVCN resistente al desgaste, aplicándose para Me al menos uno de los elementos Ti, Nb, W, Ta o Mo.

En el documento EP 1 201 776 se describe una herramienta fresadora de engranajes de acero de corte rápido con

una combinación de recubrimientos de múltiples capas de TiAlTaN o TiAlTaCN y TiAlN o TiAlCN que se usa para el procesamiento de aceros de baja aleación o aceros dulces. La combinación de ambos recubrimientos da un alto periodo de servicio con baja tendencia a la adhesión de virutas.

5 Además, el documento EP-A2 1 201 776 D2 describe un recubrimiento de material duro que está constituido por capas de recubrimiento de TiAlN y TiAlTaN.

10 El documento DE 102 33 222 A1 describe de nuevo un recubrimiento de nitruro o carbonitruro que, además de Al, contiene Cr o V. Del documento DE 102 33 222 A1 se deduce además un recubrimiento de nitruro o carbonitruro que, además de Al, contiene al menos un elemento del grupo Ti, Nb, W, Ta y Mo, así como Cr y/o V. Puede conseguirse una mejora de la dureza de la película y de la resistencia al desgaste elevando la concentración de Al, así como añadiendo Cr o V y al menos un elemento seleccionado del grupo Ti, Nb, W, Ta y Mo.

15 En caso de alta sollicitación de la herramienta, como este es el caso, por ejemplo, en fresadoras en seco de aceros aleados, se alcanzan temperaturas superficiales muy altas en las zonas de contacto de la herramienta como, por ejemplo, la superficie de mecanizado y la superficie libre. Solicitaciones similarmente altas también aparecen, por ejemplo, en la zona de entrada de una herramienta de deformación. La resistencia al desgaste de los sistemas de recubrimiento conocidos y previamente descritos no ha sido satisfactoria hasta la fecha en aquellas aplicaciones, especialmente si no se utilizan lubricantes de refrigeración.

20 Por tanto, es objetivo de la invención proporcionar una herramienta con alta resistencia al desgaste con alta carga de temperatura, siendo el valor de fricción en contacto con el cuerpo de desgaste lo más bajo posible.

Según la invención, este objetivo se alcanza mediante la reivindicación 1.

25 El recubrimiento según la invención está constituido por al menos dos capas de recubrimiento. A este respecto, un primer capa de recubrimiento presenta una composición de $(Ti_aAl_bTa_c)N$, ascendiendo $a + b + c = 1$, $0,3 \leq b \leq 0,75$ y $0,001 \leq c \leq 0,30$. A continuación, esta capa de recubrimiento se denomina A.

30 La segunda capa de recubrimiento presenta una composición $(Ti_dAl_eTa_fM_g)N$, con $d + e + f + g = 1$, $0,50 \leq e \leq 0,70$ y $0 \leq f \leq 0,25$. M designa a este respecto uno o varios elementos del grupo silicio, vanadio y boro, ascendiendo el contenido de silicio a entre el 0,05% de átomos y el 10% de átomos, el contenido de vanadio a entre el 0,1% de átomos y el 25% de átomos y el contenido de boro a entre el 0,005% de átomos y el 1% de átomos. A continuación, esta capa de recubrimiento se denomina B.

35 Mediante la adición de tántalo a la aleación en la capa de recubrimiento A se consigue un claro aumento de la dureza en caliente. A este respecto se ha mostrado que el tántalo estabiliza la solución sólida cúbica centrada en las caras hasta temperaturas muy altas de aproximadamente 800 °C. A mayores temperaturas tiene lugar concretamente una descomposición de fases, precipitando los dominios de nitruro de aluminio cúbicos. Debido a
40 esta precipitación se consigue otro aumento de la dureza de aproximadamente el 10% a temperaturas de aproximadamente 900 °C. Incluso a una temperatura de sollicitación de 1.100 °C, después de experimentos de recocido a vacío todavía se midieron valores de dureza en el intervalo de la dureza del recubrimiento del estado inicial. Por tanto, el tántalo como constituyente de la capa de recubrimiento A eleva la dureza en caliente en un
45 intervalo de temperatura que aparece especialmente en procesos de deformación sin refrigerar en la zona de contacto entre la superficie recubierta y el cuerpo de desgaste. Por tanto, la adición de tántalo a la aleación conduce a una protección óptima del desgaste abrasivo en el intervalo de temperatura relevante de 700 °C a 1.100 °C, alcanzándose esto de forma auto-adaptativa. Sin embargo, el tántalo en TiAlN provoca un aumento del coeficiente de fricción a temperaturas de 700 °C y superiores. Esto se detectó tanto contra una esfera de óxido de aluminio inerte como también contra un acero austenítico. Además, la tenacidad de la capa de recubrimiento A no es
50 suficiente para muchas aplicaciones; por ejemplo, aquí se mencionan trabajos de fresado y el mecanizado a alta velocidad. La capa de recubrimiento B contiene al menos un elemento del grupo silicio, vanadio y boro. El silicio, vanadio y boro tienen un efecto reductor de la fricción a altas temperaturas. Además, la capa de recubrimiento B contiene preferiblemente menos tántalo que la capa de recubrimiento A, por lo que la capa de recubrimiento B es más dúctil que la capa de recubrimiento A. Mediante una sucesión de capa de recubrimiento A y capa de
55 recubrimiento B puede ajustarse la tenacidad de la microestructura, pudiendo esto influir favorablemente de forma que, por ejemplo, en trabajos de fresado se garantice una suficiente estabilidad del recubrimiento contra el descascarilleamiento. La resistencia al desgaste puede ajustarse tanto por el contenido de tántalo como también la relación de Ti/Al. A este respecto se ha comprobado que en la capa de recubrimiento A puede ajustarse el contenido de Al del 30% de átomos al 75% de átomos en función del contenido de tántalo del 0,1% de átomos al 30% de

átomos. En la capa de recubrimiento B también puede elegirse la relación de Ti/Al en función del contenido de tántalo, que se encuentra en el intervalo del 0% de átomos al 25% de átomos, en un amplio intervalo según los detalles en la reivindicación 1. A este respecto, un intervalo preferido para aluminio en la capa de recubrimiento A se encuentra en el 45% de átomos al 66% de átomos. Contenidos de tántalo inferiores al 0,1% de átomos no elevan la dureza suficientemente. A contenidos de Ta superiores al 30% de átomos aparece una fragilización demasiado fuerte de la capa de recubrimiento A. A este respecto, un intervalo preferido para tántalo en la capa de recubrimiento A se encuentra al 1% de átomos al 25% de átomos. En la capa de recubrimiento B más dúctil pueden elegirse contenidos de tántalo correspondientemente más bajos, utilizándose contenidos del 0% de átomos al 25% de átomos, preferiblemente del 0,2% de átomos al 10% de átomos. El silicio en la capa de recubrimiento B repercute favorablemente sobre la resistencia a la oxidación. Para conseguir aquí un efecto suficiente, son ventajosos contenidos del 0,1% de átomos. A contenidos superiores al 10% de átomos resulta una fragilización inadmisiblemente alta para muchas aplicaciones. El límite superior preferido se encuentra en el 3% de átomos. Se ha comprobado que estos contenidos favorables del 0,1% de átomos al 3% de átomos reducen suficientemente la fricción entre la herramienta y el cuerpo opuesto. En comparación con el silicio, el vanadio tiene un efecto claramente menos elevador de la resistencia y, por tanto, tampoco influye en tan gran medida en la tenacidad a la rotura del recubrimiento. Por tanto, los contenidos de vanadio pueden elegirse más altos que los contenidos de silicio en la capa de recubrimiento B.

Amplios ensayos han mostrado que un contenido de vanadio óptimo se encuentra en el 0,1% de átomos al 25% de átomos, preferiblemente en el 2% de átomos al 20% de átomos. El vanadio tiene un efecto fuertemente reductor de la fricción, pudiendo atribuirse esto a la formación de fases de Magneli. El intervalo preferido de boro en la capa de recubrimiento B se encuentra en el 0,001% de átomos al 0,5% de átomos. El boro aumenta la resistencia a la oxidación del recubrimiento reduciendo la velocidad de difusión para otros elementos. A contenidos superiores al 1% de átomos se produce una reducción de la dureza, lo que se atribuye a la formación de constituyentes de fase hexagonal. Mediante el uso de recubrimientos de muchas capas puede ajustarse idealmente la microestructura del recubrimiento y, por tanto, también la tenacidad a la rotura. A este respecto, el número de capas de recubrimiento puede encontrarse en el intervalo de aproximadamente 10 hasta 10.000 recubrimientos y más. A este respecto, una secuencia periódica de las capas de recubrimiento individuales puede producirse más fácilmente desde el punto de vista de la ingeniería de platas. En el caso de dos capas de recubrimiento diferentes resulta entonces la secuencia A,B,A,B,A,B ...

Si se utiliza una tercera capa de recubrimiento C, de esto resulta la secuencia A,B,C,A,B,C,A,B,C ...

De forma análoga resultan las secuencias correspondientes en el caso de cuatro o más capas de recubrimiento de diferente composición. Las capas de recubrimiento de diferente composición también presentan diferentes tasas de formación de gérmenes o diferentes velocidades de crecimiento de gérmenes. Así, las capas de recubrimiento individuales también muestran normalmente diferentes espesores. Una relación de tenacidad a la rotura / dureza óptima puede ajustarse cuando las capas de recubrimiento individuales presenten principalmente una estructura cúbica, ya que la fase cúbica en comparación con la hexagonal es una estructura claramente más resistente al desgaste. Bajas proporciones de, por ejemplo, constituyentes microestructurales radiológicamente amorfos que están dispuestos entre los cúbicos elevan la tenacidad a la rotura del recubrimiento. Para mejorar la adherencia del recubrimiento es ventajoso que la capa de recubrimiento en contacto con el material base esté constituida por nitruro de titanio. La combinación más favorable de recubrimiento y material base se consigue en el uso de carburo cementado como material base.

Pueden conseguirse excelentes periodos de servicio en el uso de la herramienta recubierta como herramienta de corte. A este respecto, un uso típico como herramienta de corte son herramientas fresadoras de carburo cementado sólido y puntas de herramientas de corte desechables. Sin embargo, las ventajas inventivas también pueden realizarse en herramientas de conformado.

Para la aplicación del recubrimiento pueden utilizarse diferentes procedimientos de recubrimiento. A este respecto, una técnica de procedimiento favorable es el procedimiento de PVD en el modo de evaporación o pulverización por arco usando dianas de uno o varios componentes. A este respecto, las dianas para la preparación de la capa de recubrimiento A presentan un contenido de aluminio del 30% de átomos al 75% de átomos y un contenido de tántalo del 0,1% de átomos al 30% de átomos, estando constituido el resto por titanio.

Las dianas para la preparación de la capa de recubrimiento B están constituidas por 50% de átomos al 70% de átomos de aluminio, 0 al 25% de átomos de tántalo y al menos un elemento del grupo silicio, vanadio, boro y el resto titanio, encontrándose en el caso del silicio el contenido en el 0,05% de átomos al 10% de átomos, en el caso del

vanadio el contenido en el 0,1% de átomos al 25% de átomos y en caso del boro el contenido en el 0,005% de átomos al 1% de átomos.

5 Alternativamente a los procedimientos de PVD, también pueden utilizarse distintos procedimientos de CVD para la reacción de la presente invención. Por ejemplo, el recubrimiento según la invención puede prepararse mediante procedimientos de CVD asistidos por plasma o procedimientos de CVD con precursores organometálicos (MOCVD).

La presente invención se describe más detalladamente a continuación mediante los ejemplos de realización.

10 Recubrimientos de TiAlTaN/TiAlTaMeN de dos capas se aplicaron sobre puntas de herramientas de corte desechables de carburo cementado mediante una planta industrial de PVD convencional con evaporación por arco de dianas preparadas por metalurgia de polvos en una de atmósfera N₂-Ar. Los contenidos de elementos de aleación en el recubrimiento coinciden bien en este proceso, considerando el modo de conducción del proceso, con los contenidos de los elementos en las dianas usadas. En la Tabla 1 - 5 se especifican las composiciones de las dianas usadas para el proceso de preparación de recubrimientos. Se usaron cuatro fuentes o posiciones diana. Se usaron respectivamente dos posiciones opuestas y desplazadas en la altura con dianas de igual composición. Con el fin de la comparabilidad también se usó un programa de recubrimiento idéntico para la preparación de las muestras de referencia - que se corresponden con el estado de la técnica. La incorporación de muestras y la ocupación de la cámara de proceso se eligieron iguales para todas las muestras.

20

Para ensayos del periodo de servicio comparativos se usaron los siguientes parámetros:

Punta de herramientas de corte desechable: SEKN 1203AF SN de S40T

Material mecanizado: 42CrMo4

Condiciones de mecanizado: mecanizado en seco

25 Parámetros de mecanizado: v_c = 230 m/min, f = 0,30 mm/U, a_p = 2,0 mm, a_e = 96 mm

Ejemplo 1

30 El Ejemplo 1 muestra mediante un recubrimiento de muchas capas constituido por una sucesión periódicamente alterna del recubrimiento 1 y 2 (muestra B 2a) o recubrimiento 1 b y 2 (muestra B 2b) la influencia de la variación del contenido de tántalo a relación constante de Al/Ti (Al/Ti = 2) en la 1ª capa de recubrimiento (1 a, 1 b) y composición respectivamente constante en la 2ª capa de recubrimiento (véase la Tabla 1).

				Ti [% de átomos]*	Al [% de átomos]*	Ta [% de átomos]*	V [% de átomos]*
Muestra de referencia	Estado de la técnica	Recubrimiento de una capa	TiAlN	50	50		
B 2a	Según la invención	Capa de recubrimiento 1a	TiAlTaN	33,00	66,00	1,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaVN	49,80	49,80	0,20	0,20
B 2b	Según la invención	Capa de recubrimiento 1b	TiAlTaN	31,50	63,50	5,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaVN	49,80	49,80	0,20	0,20

35 Tabla 1 (* referido a la proporción metálica)

La mejora del periodo de servicio con el recubrimiento B 2a en comparación con la muestra de referencia asciende al 78%. Con el recubrimiento B 2b pudo conseguirse el doble del periodo de servicio.

40 Ejemplo 2

45 El Ejemplo 2 muestra mediante un recubrimiento de muchas capas constituido por una sucesión periódicamente alterna del recubrimiento 1 b y 2 (muestra B 3a) o el recubrimiento 1 c y 2 (muestra B 2b) la influencia de la relación de Al/Ti (Al/Ti = 1,5; Al/Ti = 2) a contenido de tántalo constante en la 1ª capa de recubrimiento y composición respectivamente constante en la 2ª capa de recubrimiento (véase la Tabla 2).

				Ti [% de átomos]*	Al [% de átomos]*	Ta [% de átomos]*	V [% de átomos]*
Muestra de referencia	Estado de la técnica	Recubrimiento de una capa	TiAlN	50	50		
B 3a	Según la invención	Capa de recubrimiento 1b	TiAlTaN	38,00	57,00	5,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaVN	49,80	49,80	0,20	0,20
B 2b	Según la invención	Capa de recubrimiento 1c	TiAlTaN	31,50	63,50	5,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaVN	49,80	49,80	0,20	0,20

Tabla 2 (* referido a la proporción metálica)

5 Así pudo conseguirse tanto en el recubrimiento B 3a como B 2b una mejora del periodo de servicio en comparación con la muestra de referencia, encontrándose ésta en el caso de B 3a en el 84%. Además, estos ensayos muestran la influencia de la relación de Al/Ti a contenido de tántalo constante.

Ejemplo 3

10 En el Ejemplo 3 se muestra la influencia del boro sobre el comportamiento del periodo de servicio (véase la Tabla 3).

				Ti [% de átomos]*	Al [% de átomos]*	Ta [% de átomos]*	V [% de átomos]*
Muestra de referencia	Estado de la técnica	Recubrimiento de una capa	TiAlN	50	50		
B 4	Según la invención	Capa de recubrimiento 1	TiAlTaN	49,50	49,50	1,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaBN	32,83	65,67	1,00	0,50

Tabla 3 (* referido a la proporción metálica)

15 La mejora del periodo de servicio con el recubrimiento B 4 en comparación con la muestra de referencia asciende al 42%.

Ejemplo 4

20 En el Ejemplo 4 se muestra la influencia del silicio sobre el comportamiento del periodo de servicio (véase la Tabla 4).

				Ti [% de átomos]*	Al [% de átomos]*	Ta [% de átomos]*	V [% de átomos]*
Muestra de referencia	Estado de la técnica	Recubrimiento de una capa	TiAlN	50	50		
B 5	Según la invención	Capa de recubrimiento 1	TiAlTaN	49,50	49,50	1,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaSiN	38,00	55,00	5,00	2,0

Tabla 4 (* referido a la proporción metálica)

25 La mejora del periodo de servicio con el recubrimiento B 5 en comparación con la muestra de referencia asciende al 91%.

Ejemplo 5

En el Ejemplo 5 se muestra la influencia del vanadio sobre el comportamiento del periodo de servicio (véase la Tabla 5).

				Ti [% de átomos]*	Al [% de átomos]*	Ta [% de átomos]*	V [% de átomos]*
Muestra de referencia	Estado de la técnica	Recubrimiento de una capa	TiAlN	50	50		
B 6	Según la invención	Capa de recubrimiento 1	TiAlTaN	49,50	49,50	1,00	
		Capa de recubrimiento 2	TiAlTaVN	16,50	66,00	1,00	16,50

5

Tabla 5 (* referido a la proporción metálica)

La mejora del periodo de servicio con el recubrimiento B 6 en comparación con la muestra de referencia asciende al 250%.

10

REIVINDICACIONES

1. Herramienta constituida por un material base del grupo carburo cementado, cermet, material duro y acero para herramientas y un recubrimiento de dos o más capas con un espesor de recubrimiento total de $0,5 \mu\text{m}$ a
- 5 15 μm , presentando una capa de recubrimiento un espesor de $0,0003 - 5,0 \mu\text{m}$, caracterizado porque al menos una capa de recubrimiento presenta la composición $(\text{Ti}_a\text{Al}_b\text{Ta}_c)\text{N}$
- con $a + b + c = 1$, siendo
- $0,3 \leq b \leq 0,75$;
- 10 $0,001 \leq c \leq 0,30$
- y presentando al menos otra capa de recubrimiento la composición $(\text{Ti}_d\text{Al}_e\text{Ta}_f\text{M}_g)\text{N}$
- con $d + e + f + g = 1$, siendo
- $0,50 \leq e \leq 0,70$;
- $0 \leq f \leq 0,25$; y
- 15 siendo M uno o varios elementos del grupo Si, V, B, con
- para Si: $0,0005 \leq g \leq 0,10$;
- para V: $0,001 \leq g \leq 0,25$ y
- para B: $0,00005 \leq g \leq 0,01$.
- 20 2. Herramienta según la reivindicación 1, caracterizada porque $f < c$.
3. Herramienta según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque $0,01 \leq c \leq 0,25$.
4. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque $0,001 \leq f \leq 0,20$.
- 25 5. Herramienta según la reivindicación 4, caracterizada porque $0,002 \leq f \leq 0,10$.
6. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque M es silicio, con $0,001 \leq g \leq 0,03$.
- 30 7. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque M es vanadio, con $0,10 \leq g \leq 0,20$.
8. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque M es boro, con $0,0001 \leq g \leq 0,005$.
- 35 9. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque las capas de recubrimiento de diferentes composición se alternan periódicamente.
- 40 10. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque las capas de recubrimiento individuales presentan diferente espesor.
11. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque las capas de recubrimiento individuales presentan principalmente una estructura cúbica.
- 45 12. Herramienta según la reivindicación 11, caracterizada porque todavía están presentes bajas cantidades de constituyentes microestructurales radiológicamente amorfos.
13. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada porque la capa de recubrimiento
- 50 en contacto con el material base es nitruro de titanio.
14. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada porque el recubrimiento superior contiene C como constituyente reductor de la fricción.
- 55 15. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizada porque el recubrimiento superior contiene un recubrimiento metálico.
16. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizada porque el recubrimiento superior

es un recubrimiento oxidico.

17. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizada porque el material base es carburo cementado.

5 18. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizada porque la herramienta es una herramienta de corte.

19. Herramienta según la reivindicación 18, caracterizada porque la herramienta de corte es una punta de herramientas de corte desechable.

10

20. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizada porque la herramienta es una herramienta de conformado.

21. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizada porque el recubrimiento se aplica
15 mediante el procedimiento de CVD.

22. Herramienta según una de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizada porque el recubrimiento se aplica mediante el procedimiento de PVD.